ANALES

DE LA

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

TOMO VI.-1936-1938

Conferencias del Curso Universitario celebrado

en el Instituto de Luarca

durante el mes de Agosto de 1937

OVIEDO
Establecimiento Tipográfico "LA CRUZ"
Calle de San Vicente, núm. 8

1939

Asturias Industrial en la Guerra

Conferencias del Teniente Coronel de Artillería

Doctor en Ciencias

DON JOSE MARIA F.-LADREDA Y M.-VALDES

Los procedimientos de nuestra metalurgia actual del hierro, del acero y de la fundición datan de épocas muy diferentes; el alto horno se remonta sin duda al siglo XII; el horno a crisol para la fusión del acero data del medio y el horno de pudelar del fin del siglo XVIII; después el siglo XIX ha visto el nacimiento y el prodigioso desarrollo de los tres procedimientos de producción en gran masa de acero fundido, a saber:

Procedimiento Bessemer (1855). — Procedimiento Thomas (1878).—Procedimiento Martín (1863)

otro aparato, el horno eléctrico, entraba en la práctica industrial de fusión del acero, con el italiano Stassano en 1898.

El procedimiento Bessemer utiliza un aparato llamado retorta, convertidor; el revestimiento es en ladrillos de sílice, por tanto de afinidades ácidas.—En el convertidor se vierte la fundición líquida y se sopla el aire a través de la masa.--Los elementos carbono, silicio y manganeso son oxidados y el fósforo no quemado queda íntegramente en el acero.

El procedimiento Thomas utiliza el mismo aparato pero el revestimiento es dolomítico y por tanto de afinidades básicas, gracias a una adición inicial de cal, la eliminación del fósforo es posible y este elemento se vuelve aún indispensable al procedimiento.

En el procedimiento Martín o de fusión del acero sobre solera; se alcanza la elevada temperatura necesaria gracias al empleo de un combustible gaseoso y a la utilización de cámaras de recuperación; el gas y el aire comburente son llevados separadamente a alta temperatura antes de su encuentro en el laboratorio del horno.

En el horno eléctrico, la corriente es destinada exclusivamente a suministrar calor por efecto Joule (resistencia de uno o de varios arcos eléctricos, o resistencia opuesta por la carga metálica.

Partiendo de los minerales que la naturaleza nos ha dado, la producción de hierros y aceros de todas clases, es decir de metales ferrosos susceptibles de ser forjados y laminados, comporta dos operaciones sucesivas:

1.ª—Reducción de estos minerales al alto horno.—Reducción que va acompañada de una «Carburación» y el producto así obtenido, la fundición, siendo incapaz de sufrir deformaciones al calor o al frio no puede ser ni laminado ni forjado.

2.ª—Afino de esta fundición en vista de quitarle más o menos completamente los elementos extraños, carbono, etc., que encierra.

Se han hecho bastantes tentativas para obtener en una sola operación partiendo del mineral, el acero. Se habló mucho del procedimiento Basset pero si el asunto pudo ser resuelto teóricamente, en la práctica industrial no se logró aún obtener en condiciones económicamente aceptables, hierro o acero directamente del mineral.

No contamos en Asturias con altos hornos produciendo tonelajes tan elevados; 800 toneladas a 1.000 toneladas por 24 horas, como sucede en otros países de Europa y especialmente en los Estados Unidos.—Tenemos en la Duro Felguera dos en actividad con una producción en conjunto de 180 toneladas (110 y 70); en Moreda, Gijón uno para producción de 70 toneladas y en Mieres dos, uno a falta de algunos elementos con una producción en conjunto de 175 toneladas (100 y 75).—En total unas 400 toneladas de lingote por 24 horas; 120.000 toneladas de lingote anuales.—Reducidas a nnas 90.000 toneladas actualmente por tener Mieres en actividad un solo alto horno.

En Vizcaya ya se han instalado en Altos Hornos de Bilbao

dos altos hornos de 400 toneladas.—Puede aumentarse la producción de fundición en un 50 por 100 más, lo que para los hornos pequeños no deja de ser interesante, cargando chatarras de hierro o acero como se hizo en Francia durante la guerra europea ante la escasez de fundición.—El hecho en sí cambia fundamentalmente las ideas que tenían los ingenieros de Altos Hornos convencidos de que cargar, aún cuando fuera en pequeña cantidad , retales de acero por el tragante del horno alto podía producir toda clase de desastres.— La práctica demostró no ser así y repetimos que durante la guerra europea los altos hornos en Francia e Inglaterra consumieron cantidades crecidas de virutas de acero de los talleres de mecanización de proyectiles para aumentar la cantidad de fundición obtenida partiendo de minerales.—Estas virutas y aún retales de hierro poco o nada carburados a su entrada al horno alto, salen perfectamente bien, en el crisol, al estado de fundición (carbono 3 a 4,5°/₀).—El empleo de chatarra de hierro o acero sustituyendo al mineral en la carga de un alto horno no tiene solamente la ventaja de aumentar la cantidad de fundición obtenida por 24 horas sino que a la vez se obtiene también más cantidad de fundición por cada tonelada de cok consumido. Se sabe que normalmente el carbono del cok tiene en el horno alto tres funciones que cumplir; producción de calorías por su transformación en óxido de carbono y anhidrido carbónico; reducción del mineral y carburación del hierro reducido, se comprende que empleando chatarra la segunda—reducción del mineral—queda suprimida.—Puede estimarse que en la marcha corriente de un horno alto con mineral el consumo es de una tonelada de cok por tonelada de fundición; en los hornos asturianos es bastante más elevado, en unidades de mayor capacidad como las de Bilbao menor.— En cambio los mismos hornos marchando totalmente con chatarra no pasan de 600 kilogramos en el consumo de cok.— Ahora bien, la adición de chatarra cambia completamente las condiciones generales de marcha de un horno alto; los gases son más ricos en óxido de carbono y más pobres en anhidrido, lo que indica una peor utilización del carbón en el horno. Además la temperatura de los gases al salir por la boca del horno que es de 100 a 150.° en la marcha con mineral se eleva

a 350.°—400.° al marchar con chatarra y esto lleva consigo un aumento de pérdida en calor sensible.—Hay una circunstancia con frecuencia temida en el empleo en los hornos altos de un lecho de fusión demasiado rico, consistente en la disminución de la cantidad de escoria.—La escoria como se sabe está formada de sílice-alumina-cal y magnesia, aportadas por la ganga del mineral, las cenizas del cok y la castina.—Su proporción, variable con la riqueza del mineral y la proporción en cenizas del cok, se estima en 700 a 1.300 kilogramos por tonelada de fundición producida en la marcha normal, pero al trabajar con chatarras baja enormemente y se registran casos en que la proporción de escoria no pasa de 300 kilogramos por tonelada. Ello constituye un gran inconveniente para poder asegurar una calidad conveniente en la fundición producida.—Práctlcamente nunca se desciende por debajo de 400 Kilogramos y si es preciso se carga por el tragante alguna materia estéril.

El empleo de las chatarras en el horno alto no es solución del momento actual en lo que se relaciona con el aumenio de la producción para suplir la pequeña capacidad de los hornos altos asturianos, porque las chatarras escasean y las que tenemos son todas necesarias para los hornos de acero.

El horno alto es a la vez que productor de lingote, productor de gas.—El poder calorífico del gas es de 850 a 900 calorías por metro cóbico y hay un gran interés en utilizarle para determinados servicios.—Ello exige una buena depuración del gas.—Cuando la depuración húmeda con ventiladores e inyección de agua cayó en desuso estuvo muy en boga la depuración por sacos filtrantes, en seco, en la que se hacía pasar el gas a través de un tejido de sacos dispuestos en altas cajas de palastro, el gas tiene acceso al interior de los sacos, abiertos solamente por abajo y un ventilador obliga al gas a atravesar el tejido abandonando sus polvos.—Tenía este método el inconveniente de necesitar mantener el gas entre límites de temperatura bastante estrechos, alrededor de 80.°; demasiado caliente quema rápidamente el tejido de sacos; demasiado frio deja su humedad bajo forma de niebla en el interior de las paredes del saco y las mallas del tejido son obstruídas.—El procedimiento mejor es el de la depuración electrostática,

debido al americano Cottrell.—Se aplicó primeramente en las fábricas de metales en los casos en que la recuperación de polvos tiene una importancia económica considerable.—Más tarde se introdujo en otras industrias para retener polvos perjudiciales o peligrosos (cemento, negro de humo, polvos conteniendo arsénico).—En el gas de altos hornos este proceso de depuración se ha mostrado eficaz, pero cuando se quiere descender a las débiles proporciones en polvos indispensables al utilizar el gas, en motores de explosión por ejemplo, es necesario disminuir mucho la velocidad de paso, es decir multiplicar el número de aparatos.—Cualquiera que sea el procedimiento que se utilice la depuración es necesaria desde el punto de vista de la utilización del gas porque debe tenerse presente que aproximadamente solo el 38 por 100 del gas producido se utiliza en la calefacción de los aparatos Cowper destinados a calentar el viento soplado a los hornos mismos y un 7 a 10 por 100 se pierde por huídas en el momenio de la carga por el tragante, es decir que un 50 a 55 por 100 queda disponible para usos diversos; combustión bajo calderas para hacer vapor—producción de fuerza motriz en los motores de gas, calefacción de mezcladores de fundición, etc., etc.—En la práctica y al montar las instalaciones de depuración de gas debiera—en nuestra opinión—seguirse el camino siguiente:—Una purificación primaria sobre la totalidad del gas mediante lavados (vía húmeda) para quitarle la mayor parte de los polvos, dejándole tan solo de 1 decígramo a 5 decígramos por metro cúbico.—Este gas es el que puede utilizarse en los Cowpers y en las calderas de gas.—El resto destinado a los motores sufrirá una depuración secundaria que le deje solamente de 2 centígramos a 4 centígramos por metro cúbico.

Un horno alto de 100 toneladas como el de Duro Felguera por ejemplo, aparte del consumo propio del mismo, deja disponibles unos 220.000 metros cúbicos de gas de mil calorías por metro cúbico tomando un consumo de cok de 1,100 kilos por tonelada.—Es decir que quedan libres 220 millones de calorías equivalentes a 30 toneladas de carbón, unas 900 pesetas o sea 9 pesetas por tonelada de lingote.—Se ha hablado mucho de la fundición sintética fundada en la afinidad del hierro por el carbono que se manifiesta ya vivamente a 900.° y

constituye el fenómeno de la cementación.—A veces, sobre todo para economizar lingote en los períodos de fundición cara, se mezcla en el horno Martin de acero el cok en pequeños trozos, o el carbón de madera, a la viruta de acero o a la chatarra de hierro; una parte del cok quema, pero otra parte carbura la masa durante la calefacción y pueden regularse bien los resultados.—Otro ejemplo de cementación lo proporciona la fabricación de fundición al alto horno con chatarras. —La fundición sintética se fabricó durante la gran guerra; cuando la falta de fundición y la abundancia de virutas de acero de la fabricación de proyectiles y la de menudos de cok permitió efectuarlo, prescindiendo de factores económicos que en la guerra pasan, forzosamente a segundo plano.—El procedimiento consiste en mezclar la viruta de acero y el menudo de cok y desarrollar por efecto Joule en la masa calorias para producir una carburación intensa que haga fácil la fusión del producto.—Debe tenerse en cuenta que el acero dulce con 0,10 por 100 de carbono funde a temperaturas cercanas a 1.500.° y que debe buscarse que el producto obtenido al fabricar la fundición sintética no tenga su temperatura de fusión por encima de los 1.100.°—Se llegó así a obtener 100 toneladas de lingote por 24 horas en hornos contínuos con un consumo de energía de 700 Kw. por tonelada de lingote, lo que corresponde a un precio de 4 centímetros kilowatio para igualarle económicamente al horno alto de cok teniendo en cuenta la cantidad de éste gastada en la carburación.—Es solución para caso de extrema necesidad y no puede considerarse con valor alguno en lo que al desarrollo industrial del país se refiere.

El horno alto eléctrico.—Unicamente allí donde el mineral es abundante y el cok caro y de mala calidad pudiendo en cambio disponerse de energía eléctrica a precio reducido puede el horno alto eléctrico tener aplicación.—Sabido es que el cok tiene en el horno alto dos funciones que cumplir; una la de reducción del mineral que en parte se efectúa por el carbón sólido y en parte por el óxido de carbono, a su vez producido por la combustión incompleta del cok y por la reducción por el carbono del anhidrido carbónico obtenido en la combustión completa del mismo.—Pero tiene además la función de productor de la elevada temperatura requerida para que las reacciones se

produzcan y los productos—fundición y escoria—se fundan y separen.-En el horno alto eléctrico esta última función la cumple la electricidad economizándose por tanto el cok que para ello se precisa en el horno alto ordinario, es decir aproximadamente 2/3 o sea unos 650 kilogramos de coque que se sustituyen por la electricidad.—Esta economia está sin embargo, en parte, contrarrestada por el consumo de eléctrodos que se calcula de unos 14 kilos por tonelada de lingote.—Por término medio se estima en 0,50 caballo año por tonelada de lingote el consumo de energía eléctrica o 0,37 KW. años, que a los precios del cok supone un precio de 1,5 céntimos para el kilowatio hora para poder económicamente competir el horno alto eléctrico con el alto horno ordinario.—En Suecia donde el bajo precio de la energía eléctrica y la escasez del carbón hizo desarrollar estos hornos altos eléctricos con el clásico tipo «Domnarfvet» en unidades pequeñas, seis toneladas por día, se utilizó el carbón vegetal, alli muy abundante como elemento reductor sustituyendo al cok.—En Asturias las circunstancias no permitirán, seguramente nunca, la sustitución de los altos hornos actuales por los eléctricos y el asunto no ofrece interés alguno para nuestra región.—En España tan solo en la provincia de Teruel donde los lignitos muy abundantes permiten obtener la energía eléctrica a precio muy bajo y hay grandes extensiones de mineral de hierro, muy menudo que no puede transportarse, sería posible y probablemente conveniente la instalación de hornos altos eléctricos para tratarlos sobre lugar.

Fundición acerada; cuyo nombre procede de que los fundidores para obtener la composición deseada 3°/₀ carbono, 1,6°/₀ silicio, manganeso 0,8°/₀, introducían el acero en la carga del cubilote hasta 20 y el 25 por 100.—La carga pues, estaba constituída de fundición nueva—restos de proyectiles y acero.—Naturalmente que la introducción de acero se haría innecesaria si se dispusiera de fundiciones y restos de proyectiles de composición tal que se obtuviere la deseada a la salida del cubilote.—Proyectiles de fundición, obtenida, en cubilote se fabricaron en Asturias durante el dominio rojo en La Felguera, Mieres, Laviada, Moreda y Gijón.—La mayor parte de ellos francamente malos, ocasionando explosiones prema-

turas en el interior de las piezas consecuencia de su porosidad.—Mieres tiene dos cubilotes con producciones de una y dos toneladas por hora,—Moreda otros dos, aproximadamente del mismo rendimiento.—Felguera tres cubilotes con producción de 3,5 toneladas por hora, dos de ellos y de 7 toneladas el tercero.—La situación pues de Asturias para la fabricación de proyectiles de fundición es excelente, pero el proyectil de fundición no debe utilizarse más que en los casos en que no se disponga del número suficiente de proyectiles de acero embutidos (forjados) o barrenados.

En la actualidad, en Asturias, tan solo Duro Felgnera fabrica el proyectil de fundición acerada de 149 y algunos de 77 y en la Fábrica Nacional de Trubia el de 155 y 210.—Todos los demás son de acero.—El moldeo de los proyectiles, representa desde el punto de vista de la fundición una operación sencilla y ello permite siempre que buen número de fundiciones sean puestas a contribución para ello.—El problemo más dificultoso es el llegar a obtener la calidad de la fundición deseada,—En Asturias, Duro Felguera, merece citarse porque la competencia del Ingeniero encargado de la sección y las facilidades e interés demostrado por la empresa, que no reparó en sacrificios de ninguna clase para llegar a la perfecta fabricación del moderno proyectil de 149, proyecto de la Fábrica Nacional de Trubia, han permitido obtener una granada que ningún otro taller superará en condiciones de rendimiento verdaderamente excelentes.

Los proyectiles mecanizados de fundición se someten a una inspección rigurosa para eliminar aquellos que presentan defectos, picaduras, grietas, porosidades en el culote, etc., y se someten a una prueba hidráulica, a presión de 300 kilogramos por c. m. cuadrado para los calibres grandes, y siempre terminando la recepción definitiva del lote por un ensayo de tiro con un proyectil escogido al azar.

Hornos de Acero.—A excepción de un horno basculante tipo Wellman de 70 toneladas de capacidad instalado en Duro Felguera y de uno eléctrico de 8 toneladas en la Fábrica de Trubia, toda la producción de acero de Asturias se obtiene en hornos de solera Siemens Martín.—La capacidad de estos hornos varía desde 7 toneladas por colada en los hornos pe-

queños de Moreda a 40 toneladas en el horno grande de Duro Felguera.—La marcha más general es la del lingote frio y retales frios.—Ahora, por la escasez de chatarra, se tiende a emplear la menor proporción de éstas, no se autoriza en lo comercial una marcha con más del 30 por 100 de chatarra, si bien, principalmente en el acero destinado a la fabricación de proyectiles, cuando las disponibilidades de chatarra lo permiten es corriente la marcha—60—40—lingote—retal.—Cuando se tiene mucha fundición líquida disponible, no es el caso de Asturias, es conveniente el empleo del horno oscilante de solera básica Talbot muy utilizado en diversas acererías extranjeras.—La marcha para un horno de 200 toneladas es en líneas generales la siguiente.—Al fin de un afino el horno contiene 200 toneladas de acero dulce; se inclina el horno y se vierten 50 toneladas de este acero en el caldero de colada; aquí en el caldero es donde se efectúa la adición de ferromanganeso para desoxidarle y hacer el metal maleable al calor.—Efectuada esta colada se vierte en el horno la cal (5 toneladas cerca) y el mineral (1,5 toneladas) que se deja fundir en una escoria muy oxidante.—Se vierte entonces un primer caldero de 25 toneladas de fundición líquida, un hervor se produce debido a la eliminación del carbono, los restantes elementos, silicio-manganeso-fósforo se eliminan igualmente en parte, se recomienzan las adiciones de cal y mineral y se vierte el segundo caldero de 25 toneladas de fundición, nuevo hervor y nuevo afino, Finalmente cuando todo trabajo del baño ha cesado, se tienen 200 toneladas de acero dulce; se cuelan otras 50 toneladas en el caldero y se prosigue así en la sucesión de semanas y meses, mientras el revestimiento del horno se conserve en condiciones de utilización,—Como ya hemos indicado queda el horno Martín fijo ú oscilante el único recomendable para utilización de retales y chatarras.

Los hornos son calentados por gas de gasógenos.—Es muy buena la instalación de gasógenos totalmente mecanizada de la Duro Felguera tipo Kerpely capaz de gasificar 12 toneladas de hulla por unidad y día, (Batería de 9).

La gran cantidad de carbono que tiene la fundición la hace a la vez débil y quebradiza y por lo tanto inapropiada para la mayor parte de los propósitos de ingeniería. tiene pues que

ser purificada para transformarla en acero material mucho más ductil y resistente a la tracción preferido de los ingenieros.—Puede asegurarse que el 25 por 100 tan solo de la fundición se utiliza directamente, sin purificación, y que el 75 por 100 es purificado y convertido dentro de otra forma.—Mientras en el alto horno donde se tratan la totalidad de los minenales de hierro beneficiables, hay que establecer condiciones reductoras (el mieneral es un óxido de hierro) en todos los procesos de purificación para obtener acero se precisan condiciones oxidantes que se logran por el aire o por los óxidos de hierro. —Pero ¿cuál es una definición precisa de acero?.—Acero es «un hierro maleable, al menos en alguna escala de temperatura» lo que lo distingue de la fundición que no lo es en ninguna, pero además tiene las siguientes características: «Se funde dentro de una masa inicialmente maleable» lo que lo distingue del «hierro fundido maleable», que no lo es inicial mente y adquiere la maleabilidad por un tratamiento ulterior, sin fusión. El acero además es capaz de endurecer grandemente por calefacción y repentino enfriamiento, lo que lo distingue del hierro forjads que no endurece cuando se le enfría. En los hornos Siemens Martín de revestimiento siliceo y por tanto ácidos como en los de revestimiento básico que son los más usados en Asturias, hay los tres periodos el de fusión de la carga; el de afino y el de recarburación. La fusión exige de cuatro a cinco horas, el silicio se elimina casi totalmente en este periodo y el carbono y manganeso se reducen. El afino dura un par de horas y en él se termina la eliminación de las impurezas, en él el fundidor vierte mineral, caliza o espato fluor y por último la recarburación en que se lleva el acero al grado deseado en carbono mediante las adiciones de ferromanganeso y carburantes. En Asturias para la fabricación de proyectiles, aparte los que prepara en gran cantidad la Fábrica Nacional de Trubia de los calibres 7,7-15,5-210 m/m y para los cuales fabrica ella misma casi todo el acero, los obtenidos en la industria civil, especialmenie Laviada-Moreda y Duro Felguera, utilizan el acero fabricado por esta última Sociedad en Horno Siemens básico. Durante los primeros meses se siguió el procedimiento indirecto o Darby y ahora se utiliza el procedimiento directo o con lingote hematites.

El procedimiento Darby utiliza la propiedad que tiene al acero en fusión de absorber rápidamente el carbono cuando ambos se ponen en contacto y ello permite obtener acero de cualquier contenido en carbono por mezclado intimo de este con el chorro de acero líquido a medida que sale del horno. Hay que emplear un carbono denso y limpio de azufre, dan muy buenos resultados la antracita o el cok denso muy puro. Se echa en bolsas de papel sobre el chorro de metal.

El procedimiento se siguió al emplear el lingote fosforoso según práctica usual en la Felguera para la obtención de aceros altos en carbono. El acero para proyectiles de 7,5 legionarios no permite más de 0,05°/₀ de Ph. con un contenido en carbono entre límites muy estrechos 0,54 a 0.61°/₀. Si quisiéramos terminar el afino con un baño de este contenido en carbono sería imposible eliminar totalmente el fósforo cuya partida se efectúa con posterioridad a la de aquel elemento. Pudiéramos descarburar totalmente el baño y carburar más tarde para obtener la composición deseada vertiendo en el horno el carburante (ferromanganeso y carbón), pero esto tendría el inconveniente de que al atravesar la escoria básica el carburante reduciría el anhidrido fosfórico y volvería de nuevo a introducir el fósforo, elemento muy perjudicial en el acero, por ello en las coladas de proyectiles se siguió el método indirecto. Afinar hasta un bajo contenido en carbono y carburar despues fuera del horno. Se llegaba a un contenido de 0,20 a 0,15 °/₀ de carbono y colaba el ecero en la cuchara yendo vertiendo en el chorro líquido la adición carburante, constiiuída por 150 kgs. de cok. Más tarde y no satisfecha la Comisión Militar, por completo, con los resultados obtenidos, varió el proceso e hizo partir en la carga del horno de lingotes bajos en fósforo, lingote hematites, fabricado en el horno alto con mineral hematites adicionado de mineral manganesífero, bajo pues en silicio y azufre y conteniendo entre 1, 5 y 2 °/₀ de manganeso. La decarburación se lleva aquí con menor intensidad que en el anterior procedimiento, se detiene en un 0,60 °/₀ de carbono y se recarbura en el mismo horno con adiciones de 200 kilos de ferromanganeso de 80 °/₀ de manganeso; 7 °/₀ de carbono y 13 °/₀ de hierro. La química del recarburador es importante y complicada por las

reacciones que tienen lugar entre él y la escoria. Primeramente el carbono, silicio y manganeso del recarburador desoxidan el hierro, sobre todo el manganeso que es un desoxidante poderoso, y limpian al baño de óxido. Y mientras el óxido de hierro es fácilmente retenido por el acero, los óxidos de manganeso y silicio tienden ellos mismos a separarse del baño liquido. El óxido de carbono tiene la desventaja de ser algo soluble en el metal fundido, por consiguiente aún cuando durante la reacción del recarburador grandes cantidades de cok escapan del acero no poede evitarse que al solidificarse el metal una pequeña cantidad del óxido sea retenido por el acero y estos escapes de gas son la causa de los agujeros o sopladuras en el lingote, cavidades variando en tamaño desde las microscópicas hasta 25 m|m y más en longitud Es un fenómeno que se observa muy bien en el hielo. El agua mientras está en el estado líquido tiene aire disuelto y este aire al solidificarse el agua, queda en forma de burbujas en el hielo que es absolutamente imposible obtener libre de ellas. En el acero hay mayor facilidad que en el agua para la salida de gases porque durante la solidificación pasa por un estado pastoso y da por tanto mejor oportunidad para ello. En el acero provienen principalmente las burbujas de gas del óxido de hierro que reacciona con el carbón añadido en el recarburador y forma el gas óxido de carbono y como durante todo el proceso de solidificación se está formando por la reacción no es posible que se escape y da lugor a muchas cavidades. ¿Cómo se evitan? Por adiciones de manganeso, de silicio y de aluminio. Estos elementos a la vez que desoxidan el hierro actúan también sobre el carbón y evitan por tanto la formación de gases y a la vez aumentando el poder disolvente del metal para los gases, una menor cantidad de estos se separa.

El lingote de acero para proyectiles, obtenido en horno básico Siemens, se cuela en lingoteras invertidas, es decir con la base mayor hacia arriba, único medio de suministrar económicamente la reserva de metal fundido precisa para alimentar las porciones inferiores del lingote. Se hace por colada directa, es decir, vertiendo el líquido por arriba y no por abajo o en sifón según es norma corriente. Se cuela con mazarota refractaria, porqne siendo la lingotera metálica es

apta para absorber y conducir el calor del metal fundido, mientras que la arcilla refractaria de la mazarota, por ser mala conductora, conserva el calor y mantiene el acero en fusión y da así el máximo rendimiento en producto sano. Se emplea una artesa intermedia que llena dos mazarotas a la vez y actúa como depósito de reserva regulando la velocidad de colada y la temperatura. El lingote pesa, incluida mazarota, 1.880 kgs. y cada colada da diez lingotes aproximadamente. De la colada no se aprovecha para proyectiles más del 20 °/₀ y hay un 8 °/₀ a 10 °/₀ sobrante de cargas cuya colocación en el mercado no es fácil, todo lo cual constituye una seria dificultad para una fábrica privada que no sabe durante que tiempo va á tener que ocuparse de este problema. El lingote pasa en el Bloming a desbaste cuadtado de 150 m/m de lado y después a redondo de 83 m/m de diámetro. El despunte de la mazarota se hace de un 20 °/₀ pasando asi el 80 °/₀ del lingote sano y homógeneo a la fabricación de proyectiles después de sometido a las pruebas necesarias y exámen visual que los pliegos de condiciones señalan. La falta de prensas hidráulicas apropiadas para ello hizo en los primeros momentos fabricar los proyectiles por barrenado del lingote. Operación delicada que fué causa de serias preocupaciones por la falta de barrenas apropiadas; las primeras barrenas apenas taladraban 100 proyectiles, hoy ya pasan de 1.000, debido a la calidad de las mismas, pero también a la práctica que el personal ha adquirido en la operación. Este aprendizaje que hace perder mucho tiempo y dinero, hace ver la necesidad de que todo ello esté estudiado en las épocas de paz y no se deje para última hora, teniendo que vencer serias dificultades, cuando más urgente es fabricar con rapidez y sin tropiezos. El proyectil de 7,5 exige veintiuna operaciones y de una colada en el horno de veinte toneladas no salen por término medio más que 1.000 proyectiles, es decir 6.000 kilos, dos terceras partes se pierden. Aun cuando algunos talleres utilizan en el barrenado, dos barrenas, una de veinte milímetros y la final de 41 m/m, lo general es utilizar una sola barrena, efectuando la operación en torno o en taladro.

El deseo que todos teníamos de perfeccionar la fabricación y las dificultades con que luchábamos para conseguir

barrenas hizo dirigir los esfuerzos a la fabricación del proyectil por embutición o forjado al igual que se realiza en la Fábrica Nacional de Trubia. Conocíamos nosotros las magníficas prensas con que cuenta la Fábrica de Metales de Lugones para la fabricación de barras de latón por extrusión! Desde el momento que pensamos en su utilización el Director de aquella puso toda su inteligencia y entusiasmo por ayudarnos en la solución del asunto dándonos toda clase de facilidades y gracias al interés, conocimientos y valer del Comandante González Soto y del Capitán Hernández Vaquero que proyectó la reforma y estudió todo lo referente a herramental y disposición de trabajos, puede hoy contarse con una instalación modernísima de fabricación de proyectiles forjados seguramente la mejor en elementos, aún cuando no en capacidad de las existentes en España. La colada de 20 toneladas que daba 6.000 kilos útiles en proyectiles barrenados da 1.375 proyectiles en vez de 1.000, obtenidos por embutición, es decir, 8.250 kilos útiles que muestra la extraordinaria ventaja desde el punto de vista económico, sin contar las de orden técnico, que ofrecen los proyectiles forjados sobre los barrenados. Antes, el proyectil después de mecanizado se calentaba a 850° y templaba al agua por aspersión interior y exteriormente, se le retiraba al cabo de un tiempo tal que su temperatura fuere cercana de 100° y después se recocía a 450°. La dureza se determinaba por ensayo a la bola Brinell—3.000 kgs. bola de 10 m/m. Se templaba de nuevo si la impresión pasaba de 37,5 décimas de milímetro; se recocía un poco más si la impresión era inferior a 34,5 décimas. Hoy el proyectil de 7,5 no se templa sinó que después de embutido y forjado se normaliza calentándole a 850° durante 10 minutos y enfriándole al aire.

Si el convertidor permite la fabricacion rápida y económica de grandes masas de acero; si el horno Siemens lucha económicamente eontra el convertidor y es el generalmente empleado para obtener aceros escogidos, como los de proyectiles, cuando se trata de aceros finos, de aceros especiales, ni uno ni otro de estos procedimientos aseguran un producto perfecto. Corrientemente se había seguido para estos casos el procedimiento al crisol y así se obtenían gran parte de los

aceros de herramientas y de los aceros especiales utilizados en la Industria, pero desde hace 20 años el acero eléctrico ha hecho concurrencia al acero al crisol.

El horno eléctrico se estableció primeramente en los países montañosos que permitían proporcionarse a buen precio la corriente eléctrica. El horno eléctrico es el único horno donde puede trabajarse con baño líquido bajo atmósfera no oxidante. El horno alto trabaja en marcha muy carburante, pero no puede trabajarse el baño líquido que queda debajo de toda la columna de materias primas. El crisol, con una cubierta bien enlucida, puede trabajar en atmósfera neutra, pero el baño líquido no es posible trabajarle. El horno de reverbero, el horno Martín, la retorta Bessemer tienen esencialmente atmósferas oxidantes y a lo más en un horno Martín se consigue una marcha relativamente neutra, aún cuando se bautice esta marcha de marcha reductora. Unicamente el horno eléctrico, repetimos, permite trabajar el baño líquido en una atmósfera neutra o reductora por las partículas carbonosas procedentes de los electrodos. Los tipos de hornos eléctricos empleados industrialmente pueden resumirse en los siguientes: Horno Stassano, de arco fuera del baño, Horno Heroult de electrodos de bóveda. Hay al menos dos electrodos, la corriente va del electrodo al baño y del baño al otro electrodo, lo que hace al menos dos arcos; hornos Girod, Keller, etc. de eléctrodos de solera. Donde hay una solera condutora y un eléctrodo de bóveda, pues. un solo arco—hornos de inducción en los que el baño forma la espira única del secundario de un transformador cuyo primario de numerosas espiras de hilo recibe la corriente de alto voltaje. Después hay toda una serie de variantes como hornos de arco—para utilizar la corriente alternativa monofásica o trifásica o] para construir hornos de gran capacidad, multiplicando el número de eléctrodos de bóveda etc., en otros hornos se ha combinado los arcos y las calefacciones por resistencia en la masa de la solera.

Uno de los elementos más importantes del precio de costo en los hornos eléctricos de arco es el desgaste de eléctrodos, principalmente por combustión lenta debida a la circulación de aire entre las puertas de carga y las aberturas colo-

cadas en la bóveda para el paso de eléctrodos. Se ha corregido este inconveniente haciendo más difícil la circulación de aire mediante disposiciones de tubos telescópicos entre la parte superior de la bóveda y la parte de los eléctrodos que está fuera del horno. Trubia fabrica el acero para los proyectiles en su mayor parte en horno eléctrico de arco. En Moreda y Gijón hay un horno eléctrico de 500 kgs. de carga pera fundir el acero, en su taller de fundición. Duro Felguera tiene para la fabricación de aceros especiales un horno Heroult de 2,5 toneladas. La producción de acero por la Industria civil de Asturias puede alcanzar la cifra de 175.000 toneladas anuales a plena producción. En acero de proyectiles desde la liberación de Asturias ha suministrado la Duro Felguera 1.500 toneladas de lingote utilizable.

SEGUNDA PARTE

El ácido sulfúrico es el agente indispensable a muchas fabricaciones de la industria química.—Interviene en la elaboración de productos de muy grande tonelaje que ofrecen un interés económico primordial. Se compara el papel del ácido sulfúrico en la industria química al del hierro en la metalurgía, comparación muy lógica por que es exacto que al pedido más o menos grande de este ácido corresponde un período de prosperidad o de crisis en las industrias que le utilizan.

En la época actual, el ácido sulfúrico figura en primera escala de los productos indispensables a la vida de los pueblos y se observa que aún los más alejados a nosotros tanto desde el punto de vista de la civilización como de la distancia kilométrica. crean fábricas para procurarse el ácido en las mejores condiciones posibles.

Entre las mercancías más usuales que para su preparación requieren el empleo del ácido sulfúrico, conviene citar en primer lugar el «superfosfato de cal» y el «sulfato de amoníaco» de los cuales hace y debiera hacer aún más, la agricultura un enorme consumo, a título tal que la industria del ácido sulfúrico, está actualmente, bajo la dependencia de los compradores de abonos y que por consiguiente un producto de la importancia del ácido sulfúrico, está de hecho bajo el control de la agricultura.

Y es esto lo que dá un carácter esencial a la industria del ácido sulfúrico. Este producto básico de la industria química que parece esencialmente ligado al conjunto de ésta, encuentra su principal salida sobre los mercados agrícolas por intermedio de los abonos en la fabricación de los cuales inter-

viene. Estamos así en presencia de un ejemplo particularmente típico de dependencia o más bien de interpenetración económica, de solidaridad estrecha entre industria y agricultura.

Hay otras fabricaciones que exigen la utilización del ácido sulfúrico la del sulfato de cobre cuyo empleo como anticriptógamo nos conduce de nuevo del lado de la agricultura y también de la viticultura; la de los ácidos clorhídrico y nítrico; la de las materias colorantes sacadas del alquitrán de hulla, la del refino de los aceites minerales y para el objeto de nuestra conferencia la industria de explosivos que consume cantidades crecidas de este ácido a concentraciones diversas y sin cuyo concurso no sería posible preparar ninguno de los potentes explosivos utilizados en la guerra.

Para fabricar ácido sulfúrico, es necesario disponer de azufre en una u otra forma como materia prima indispensable. Se necesita además una materia auxiliar de la que no puede prescindirse el carbón. Son pues, azufre y carbón, los dos fundamentos de la industria del ácido sulfúrico.

Hasta la mitad del siglo XIX para la producción del gas sulfuroso, necesario a la fabricación del ácido sulfúrico se servía exclusivamente del azufre. Azufre que se traía a España de Italia donde el mercado era libre.—Pero hacia 1838 deja de ser libre el comercio del azufre se instituye un monopolio y los precios se elevan desmesuradamente. Consecuencia de esta formidable alza fué orientarse los fabricantes de ácidos del lado de los sulfuros metálicos para sustituír el azufre y a partir de 1860 se vuelve general en España el empleo de estos sulfuros.

Los sulfuros metálicos más corrientemente empleados son las piritas de hierro de las que España dispone en considerable cantidad en la provincia de Huelva.—Las piritas de cobre así mismo en cantidad importante explotadas en España y las blendas (sulfuro de cinc) de que hay grandes yacimientos en explotación en la provincia de Santander.

Nuestra situación, pues en cuanto a primeras materias para fabricar ácido sulfúrico es sumamente favorable. Las piritas de hierro contienen de 40 a 50 por ciento de azufre.—Las piritas cuprosas son en realidad piritas de hierro conteniendo pequeña cantidad de cobre y tienen la misma riqueza en

azufre que las otras.—Las blendas son sobre todo ricas en zinc y no contienen más que un 20 por ciento a 30 por ciento de azufre, ofreciendo a la vez el inconveniente de exigir para su tostación temperatura más elevada que las piritas. Sin embargo el aumento constante del precio de las piritas y el desarrollo del consumo del zinc, metal, han arrastrado sobre una gran escala á la utilización de la blenda, siendo en estas fábricas un subproducto el gas sulfuroso, necesario a la fabricación del ácido sulfúrico.

Hay procedimientos de obtención del ácido sulfúrico que ponen en práctica otras primeras materias para la producción del gas sulfuroso. Además del azufre natural, puede utilizarse el de las masas de purificación del gas del alumbrado y el del gas de las coquerías, fuentes que tienen en España pequeña importancia. Si los sulfatos naturales muy numerosos y algunos generalmente situados en la superficie, el yeso, por ejemplo pudieran industrialmente utilizarse como materia prima en la fabricación del ácido sulfúrico ofreceria el asunto un interés extraordinario. El sulfato de calcio natural contiene el 20 por ciento de azufre, es decir que con una tonelada de yeso sería posible preparar 750 kgs. de ácido sulfúrico valorado a cien por cien. La parte técnica está resuelta hace tiempo. Todo consiste en calentar por encima de 1.200.° en un horno de cemento alimentado en combustible por inyección de carbón pulverizado, una mezcla de yeso, sílice, arcilla y carbón.

El carbón reduce al sulfato de calcio a sulfuro, este en presencia de la arcilla reacciona sobre la silice para dar un cemento y el gas sulfuroso. Lo que hay que hacer es el proceso económicamente viable; la situación actual no lleva a los fabricantes de cemento a producir ácido sulfúrico ni a los químicos industriales de ácido a fabricar cemento. Esta es la explicación de la no utilizacion del procedimiento al yeso. En la fabricación de explosivos se precisa ácido sulfúrico concentrado. Practicamente el ácido sulfúrico se presenta bajo formas de concentración diferentes, que corresponden a corrientes de utilización, o salidas distintas. Hay el ácido menos concentrado, el de las cámaras, el de los grandes usos que es con mucho el más empleado, el de 52.° a 53.° Bé.° con 63.°/₀

de ácido sulfúrico monohidratado empleado en la transformación de fosfatos en superfosfatos. Hay el ácido del Glover 60.° Bé. con 78.°/₀ de ácido sulfúrico monohidratado, segundo tipo comercial. Por concentración se pasa al tercer tipo el ácido de 66.° Bé.—97 a 98.°/₀ de ácido sulfúrico monohidratado que contrariamente al ácido diluido no ataca a los recipientes de hierro y que constituye por tanto la forma comercial del ácido sulfúrico en el sentido de que cada vez que por una u otra razon es imposible consumir el ácido sobre lugar y debe transportarse, es preciso previamente, proceder a su concentración. Hay además un cuarto ácido el llamado ácido fumante u oleum. Se obtiene siempre por el procedimiento de fabricación llamado de contacto, que durante la paz encuentra sus aplicaciones mas frecuentes en el dominio de las materias colorantes extraidas del alquitrán de hulla; el proceso da el anhidrido sulfúrico que en proporción mas o menos grande se disuelve en el ácido sulfúrico monohidratado.—Un oleum de 20.°/₀ quiere decir que contiene 20 de anhidrido y 80 de ácido sulfúrico—el de 30.°/₀ un treinta de anhidrido para 70 de ácido. También se clasifica refiriéndolo a monohidrato por adición hipotética de agua y así el oleum de 20.°/₀ corresponde a 104,5.°/₀ de ácido monohidratado.

En la fabricación de explosivos hay que emplear ácido sulfúrico de 98.°/₀ y cantidades muy importantes de oleum de 103 a 104.°/₀. Asturias que en la actual guerra y desde el momento de su liberación total esta realizando en el terreno industrial una obra extraordinaria, que no es prudente ahora detallar pero que puede asegurarse no es superada por ninguna otra provincia española dispone de buenas instalaciones de obtención de ácido sulfúrico en La Manjoya, San Juan de Nieva y La Felguera. La primera y la última tomando como primeras materias las piritas, la de San Juan de Nieva utilizando las blendas.—En todas ellas instalaciones de concentración.—cuatro en actividad actualmente proporcionan ácido de 97 a 98.°/₀.—En cambio no se dispone de una instalación para la fabricación de oleum y con ello se hace tributaria a esta provincia en la fabricación de explosivss, de otras, en época normal, que en los momentos de guerra en que el consumo de explosivos alcanza cifras insospechadas, somos tributarios

del extranjero porque la producción española de oleum es verdaderamente ridícula.—En La Manjoya se va a instalar un aparato de producción de 10 toneladas de oleum.—Las fábricas de ácido sulfúrico y cualquiera que sea el procedimiento de fabricación seguido, cámaras de plomo o contacto, necesitan carbón.—Cuando se establece el precio de coste del ácido sulfúrico, entre todos los gastos que concurren a su formación, hay uno que no es entre los más elevados, pero que es absolutamente imposible evitar y es el correspondiente a la compra de la hulla necesaria a la elaboración del ácido.—En el proceso de las cámaras como en cualquier otro se necesita carbón para tostar las piritas y por tanto para calentar los hornos. Iniciada la reacción el mismo calor por ella desprendido basta para entretenerla.—Hay que inyectar vapor de agua en las cámaras en gran cantidad y para ello se precisa combustible. Hay para la concentración del ácido que servirse de gases calientes que provienen de gasógenos alimentados al cok. En el proceso de contacto es indispensable calentar los gases que deben entrar en reacción antes de su paso en el tubo de catálisís; es necesario también hacerles circular bajo presión, lo que corresponde a un gasto de fuerza motriz que puede producirse a partir de la hulla. A cada paso, bajo una u otra forma, se encuentra en la industria del ácido sulfúrico este indispensable auxiliar, el carbón. De aquí esta conclusión; que las fábricas de ácido sulfúrico, deben colocarse bastante cerca de las minas de carbón y en relación con ello, Asturias está en condiciones excelentes para el desarrollo de esta industria, aún cuando tenga las piritas muy alejadas. En resumen que Asturias Industrial en la Guerra tiene en ácido sulfúrico, una situación muy buena, pero es urgente que en ella se establezca una instalación para la producción del oleum, que para las fabricaciones de explosivos con que cuenta bastaría un grupo capaz de suministrar diez toneladas por día de trabajo.

ACIDO NITRICO. No es Asturias una excepción, en lo que guarda relación con la situación de dependencia en que estamos del extranjero, en este producto, básico para la vida Nacional y absolutamente indispensable en la fabricación de pólvoras y explosivos. Tenemos instalaciones de ácido nítri-

co, que lo obtienen por el procedimiento clásico de acción del ácido sulfúrico, sobre el nitrato sódico, pero esta primera materia hemos de traerla de fuera. En resumen. que nuestra industria de pólvoras y explosivos está en dependencia de los países productores de nitrato. Si no recibimos nitratos de fuera, toda la fabricación de pólvoras y explosivos quedará paralizada. No es precisamente culpa de la iniciativa privada, sino del abandono y despreocupación por estos problemas, fundamentales para la economía y la defensa de la Patria, de los Gobiernos que padecimos en España. En Sabiñanigo (Huesca), en Flix (Tarragona), en La Felguera) (Asturias) el capital español montó modestas instalaciones para fijar el nitrógeno atmosférico y obtener ácido nítrico. Ellas debieran haber servido de escalón para estudiar los diversos procedimientos de fabricación y sus posibilidades en España, llegando a la creación de una fuerte Industria Nacional pero lejos de ello despreciadas, poco menos, por los poderes públicos; unas murieron y a otras les sorprendió el Glorioso Movimiento Nacional en la agonía.

Las instalaciones de La Felguera, suspendieron sus trabajos en 1931, cuando con un patriotismo tan mal comprendido como recompensado en las alturas, se ocupaban de montar los aparatos de oxidación del amoníaco para obtener ácido nítrico. Y llegó este momento, se liberó Asturias y al hacerme cargo del destino que se me confió como rector de la industria civil de Asturias, mi preocupación mayor, porque comprendía la extraordinaria importancia que tenía para la Guerra, fué la puesta en marcha de la Fábrica de La Felguera, que llevaba siete años en paro forzoso y ya os haréis carg del estado lamentable en que se encontraba. Echando un poco a la espalda, papeles, oficios y trámites, con los que no se gana la Guerra, en la que los minutos tienen extraordinario valor, hice cuestión de honor poner en actividad aquella Industria. El auxilio valiosísimo y la buena disposición del Consejo de Administración dando toda clase de facilidades, unidos a la inteligencia, actividad, energía y profundos conocimientos de mi querido compañero el Doctor Izaguirre, Director de aquella Industria hicieron el milagro, que así puede llamarse, de lograr en cuarenta y cinco días, poner en mar-

cha la instalación de amoniaco. Ya se están produciendo cuatro toneladas por día de amoniaco anhidro por fijación del nitrógeno atmosférico; nos ocupamos ahora de montar la instalación de oxidación de éste para producir ácido nítrico, queremos después teniendo ácido nítrico y amoníaco fabricar «nitrato amónico» que hoy entra en un 55 por ciento mezclado a la trilita en la carga de los proyectiles, con el nombre de «Amatol». Cuando estas fases se completen Asturias para sus fabricaciones de Guerra, tendrá ácido nítrico y nitrato amónico, sin necesidad de ninguna importación extranjera: No hay, esa es nuestra opinión, en la fabricación del ácido nítrico, por fijación del nitrógeno atmosférico, más proceso económicamente industrial que el de fabricación del amoníaco y oxidación de éste para pasar al ácido nítrico. En La Felguera el amoníaco se obtiene por acción del nitrógeno del aire sobre el hidrógeno del gas desbenzolado procedente de las baterías de los hornos de cok de la Sociedad Metalúrgica Duro-Felguera. Esto justifica la instalación allí, en terrenos de esta última Sociedad de la Fábrica de fijación del nitrógeno atmosférico. La primer fase: preparación de amoníaco, cuando no hay salida bastante para el amoníaco y por una u otra causa no se gasta este exceso en su transformación en ácido nítrico, se completa con la fabricación de sulfato amónico, abono importantísimo rival de los superfosfatos y en la que el consumo de ácido sulfúrico es más importante aún que en éstos. Por ello en La Felguera hay una instalación de producción de ácido sulfúrico. En la Industria de los explosivos, el ácido nítrico utilizado debe tener una concentración entre 70 por ciento y 90 por ciento de mono-hidrato; con concentración inferior al 70 por ciento la cantidad de agua es tan grande que las propiedades deshidratantes del ácido sulfúrico son totalmente arruinadas. Resuelto el problema, de prescindir de una materia importada, como es el nitrato sódico, en la obtención del ácido nítrico, Asturias contaría con todos los elementos precisos para obtener ácidos de esa concentración, como se requieren en la preparación de las mezclas ácidas de nitración.

El explosivo más utilizado en la Guerra, el que mezclado con el nitrato de amoníaco se utiliza exclusivamente en la

carga de proyectiles de artillería es la trilita que se fabrica en España; en Granada, en Vizcaya y en Asturias. Requiere su obtención, además de los ácidos nítrico y sulfúrico de que ya nos ocupamos, un hidrocarburo el tolueno extraído de los gases privados de amoníaco y gran parte del alquitrán de las instalaciones de coquización. En Asturias tenemos en Duro-Felguera una muy buena batería de tipo regenerativo con veintitres unidades de coquización con una capacidad de cuatrocientas cincuenta toneladas en total. Actualmente produce por día aproximadamente trescientos kilos de tolueno, destilando en las baterías de cok—350 toneladas, pero esta batería trabaja hoy a un 70 por ciento de su capacidad, de trabajar a plena carga el rendimiento en tolueno sería de 425 kilos por día, correspondiente a una tonelada de trilita y 2.200 kilos de amatol, suficiente para la carga de 450 proyectiles de 15,5. También Mieres tiene en marcha su batería de coquización y lo mismo Carbones de La Nueva, con recuperación de benzoles; no disponen de columna rectificadora de tolueno pero el asunto no tiene importancia por cuanto la de Duro-Felguera tiene capacidad suficiente para rectificar los benzoles que Mieres y La Nueva pueden obtener en sus instalaciones. Asturias puede por tanto fabricar la trilita de que sus instalaciones de La Manjoya son capaces, sin necesidad de importar tolueno. Actualmente envia a Vizcaya el exceso de su producción. Somos en tolueno tributarios del extranjero, las instalaciones de coquización de que se dispone son pocas y reducidas, consecuencia del vacío considerable que presenta en España la industria siderúrgica, cuya producción en arrabio alcanza la cifra bochornosa de 30 kilos al año por cabeza; en Alemania 260 y 290 en los Estados Unidos. Cuando en la España de Franco, que forjada en el yunque del dolor y del sacrificio ofrece tan halagadoras esperanzas, se multipliquen los hornos altos y se fomente la creación de talleres que absorban mucho más acero del que actualmente se consume, las coquerías aumentarán considerablamente su producción y tendremos tolueno, sino en cantidades bastantes a los fantásticos consumos de explosivos en la guerra sí en suficiente, para que en relación con una política de explosivos bien orientada, que no elija un solo tipo, por ser el mejor, sino

que vlviendo dentro de realidades, se haga cargo es menester disponer de una serie de ellos que, aún inferiores, son utilísimos en la guerra, y de ellos pueda disponerse por fabricarse en el país, nos aleje en este punto de excesivas preocupaciones.

Se estima por término medio que se obtienen 85 gramos de tolueno puro por cada 100 kilos de carbón que se destila. Tratándose de explosivo militares hay que buscar siempre la facilidad de producción en el país, sobre todo desde que la guerra submarina priva a los países beligerantes de una parte de las importaciones y por tanto la industria de los explosivos debe contar con los recursos nacionales para encontrar las materias primas indispensables. Actualmente estas materias son «el azufre o la pirita de hierro, para el ácido sulfúrico; fijación del nitrógeno atmosférico, para el ácido nítrico; los carburos de la hulla, las celulosas, la glicerina para las dinamitas y una pequeña cantidad de mercurio para el fulminato, actualmente sustituido en gran parte por el plomo, al utilizar el nitruro en los cebos. Pero una vez más repito, no hay que ir al exclusivismo cuando se trata de explosivos militares, que es gravísimo error tratar de imponer un único explosivo, las necesidades de la guerra obligan a estar siempre preparados para producciones rápidas aún cuando sean más imperfectas, que con poco coste y en menor plazo cumplan el objeto perseguido. Así por ejemplo: para economizar trilita, España está empleando con notorio éxlto los amatoles, mezcla de trilita y nitrato amónico, las mezclas de nitronaftalina y nitrato amónico—el amonal, nitrato de amoníaco—aluminio y estearina—si bien yo me muestro muy poco partidario de los explosivos conteniendo aluminio metálico, porque la oxidación de las partículas de metal les quitan estabilidad y hacen en general la reacción de explosión incompleta. En las cargas de mortero y en las bombas de aviación se empleó con éxito una especie de dinamita goma con nitroglicerina en pequeña cantidad, colodión, nitrato amónico, dinitrotolueno y una materia combustible como el aserrín de madera.

La pólvora negra o parda tenia en contra su ausencia de progresividad, su producción de humo demasiado visible a los ojos del enemigo, su sensibilidad a los choques de los

proyectiles y su higroscopicidad. Tenía a su favor su conservación indefinida, cuando era puesta al abrigo de la luz, y aún en el caso de que la alteración se produjera, que esta disminución de las propiedades balísticas no se acompañaba de peligro perpetuo de deflagración espontánea. Las pólvoras coloidales, utilizadas después del descubrimiento de Vieille, al que ya me referí, ofrecían sobre las pólvoras negras todas las ventajas que acabamos de citar, pero su descomposición espontánea al cabo de cierto tiempo de almacenaje da lugar a desastres por causa de la autoreacción que se produce fatalmente en el seno de su masa, cualquiera que sean las precauciones tomadas para evitar una gran rapidez. Hubo que cambiar resueltamente el tipo y pasar de los disolventes volátiles, causas de reacciones acelerando la degradación de la nitrocelulosa a los disolventes fijos, que al mismo tiempo pueden ser estabilizadores potentes con lo cual se realizó una mejora extraordinaria de las pólvoras coloidales desde el punto de vista de su conservación y se llegó en definitiva a un modelo de pólvora uniendo a todas las ventajps de potencia, invisibilidad, progresividad é insensibilidad a los choques que no poseía la pólvora negra, un tiempo de conservación muy prolongado. En la fabricación mientras la pólvora negra se prepara en pocos días partiendo de sus elementos, la pólvora sin humo, de disolvente volátil exige un proceso de más duración, pues debe perder el disolvente lentamente si no se quiere que pierda su forma regular y varíe su progresividad con el porcentaje residual de estos cuerpos extraños.

En cambio, las pólvoras de disolventes fijos se preparan tan rápidamente como las pólvoras negras, y las fábricas de pólvoras que las preparan pueden prescindir de una gran cantidad de secadores que, duplicaban su superficie, aumentaban los peligros de alcance por aviones enemigos, de incendio por una descomposición expontánea, así como los gastos de vigilancia y recuperación de los disolventes volátiles. Para la fabricación de estas pólvoras de disolvente volátil, se precisan como primeras materias «algodón» ácido nítrico y sulfúrico concentrado—alcohol y éter sulfúrico. Tenemos en Asturias, y ellas trabajan intensamente para la guerra, fábricas de alcohol en Lieres, obtenido partiendo de la remolacha. De

éter sulfúrico en La Manjoya por la acción del ácido sulfúrico sobre el alcohol etílico. De los ácidos ya nos ocupamos anteriormente. Nos faltan las instalaciones de tratamiento del algodón y su nitración para obtener nitrocelulosas de 12,6 a 12,7 °/₀ nitrógeno y un 70 °/₀ de solubilidad en las mezclas eter alcohol.

Es urgente, y activamente nos ocupamos de ello fabricar en Asturias, las nitrocelulosas precisas para la industria de pólvoras de la región. La dificultad parecía querer encontrarse en el consumo de agua que la preparación del algodón y de la nitrocelulosa requería, que llegó en algunos informes a elevarse a 3.200 metros cúbicos por tonelada día de algodón nitrado, tonelada que corresponde a una fabricación aproximada de 1.300 kilos de pólvora, es decir correspondiente a *medio millón de cartuchos*. Estudios que venimos realizando sobre el verdadero consumo de agua, recurriendo a los lavados metódicos, lavando con centrifugadoras, suprimiendo los transportes hidraúlicos, y realizando otros perfeccionamientos que son causa de aquel consumo elevado, puede asegurarse que no alcanzará a 350 metros cúbicos por tonelada día de algodón nitrado el consumo de agua, con lo cual ya no hay por este lado dificultad alguna y Asturias se independizará al montar su instalación de nitración de algodones y completará así su actual contribución de pólvora a las necesidades de la guerra. Las pólvoras de disolvente completamente fijo, que son, a nuestro parecer, las pólvoras de guerra del porvenir, suprimen totalmente el eter-alcohol, o la acetona para gelatinizar la nitrocelulosa. Son las pólvoras en las que la nitrocelulosa se gelatiniza con la nitroglicerina, operación efectuada al principio en seco, pero por sus grandes peligros llevada a cabo actualmente bajo el agua. Todas las pólvoras italianas de cañón pertenecen a este tipo. Es cierto que estas nuevas pólvoras disminuyen la vida de las armas, pero al hecho no se le concede la extraordinaria importancia que en otro tiempo tenía y repetimos en esa dirección se orientan hoy las naciones principales en sus pólvoras de guerra, por las considerables ventajas que desde el punto de vista balístico ofrecen. En Asturias donde tenemos una buena instalación para fabricar nitroglicerina y en donde ya se preparan

tipos de pólvora de la clase indicada, el problema de cambio de fabricación no ofrece dificultades de ninguna clase.

Pero el problema está en la celulosa, primera materia de nuestras pólvoras y que tan solo puede adquirirse en Egipto, América o la India en su variedad más pura, el algodón. Cuando la dominación árabe, en la Vega de Motril, se producía en abundancia y en inmejorables condiciones, y España era el primer mercado del mundo en algodón. Triste es pensar que hoy todo ha desaparecido y no disponemos de ninguna cantidad que merezca ser tomada en consideración. Hay, sin embargo, que tener una primera materia nacional para fabricar nuestras pólvoras; sobre el esparto, se han hecho ensayos con excelente resultado y en Asturias precisamente en sus bosques de eucaliptus, de abedules y de humeros sería posible encontrar una primera materia celulósica bastante pura para sustituir al algodón. Alemania obtiene ahora de sus bosques toda la celulosa que necesita no solamente para sus fabricaciones de guerra, sino para los usos ordinarios. La mayor parte de los trajes alemanes están hechos a base de celulosa de esta procedencia. El asunto es de excepcional interés y la guerra actual nos ha hecho comprender la necesidad de sacudir nuestra pereza y apatía en este punto, pues España no volverá a ser grande, mientras no se libre en absoluto de la tutela industrial extranjera. Se fabrica en Asturias el fulminato de mercurio tan utilizado en la carga de cebos y detonadores partiendo de una mezcla de mercurio y alcohol en presencia de ácido nítrico. El mercurio lo tenemos en España en nuestros yacimientos de Almadén, en Asturias existen aún restos de antiguas minas hacia Mieres, de los que ahora durante la guerra se están beneficiando algunas cantidades, principalmente partiendo de los restos de hornos ya inservibles. Generalmente el fulminato de mercurio explosivo, muy peligroso por su violencia y extremada sensibilidad, no se emplea solo sino que se mezcla con el clorato potásico en la proporción de 80 a 20, con lo que se aumenta el calor de la explosión y la violencia disminuye. Hoy en los proyectiles de artillería se sustituye el fulminato por la tretalita obtenida por la acción de los ácidos sulfúrico y nítrico sobre la dimetilanilina. Actualmente no se fabrica en Asturias, pero se lleva a cabo el montaje de una

instalación para prepararla. El explosivo es muy venenoso y en ello está la mayor dificultad de su manejo.

Hay que trabajar, pues, cuando la guerra termine por la España Una, Grande y Libre que soñamos y los industriales deben aspirar a enmanciparse, bastarse asi mismos poder contribuir con algo original, por pequeño que sea, a aumentar el caudal cada vez más rico, del saber universal; que la Industria es al cabo una extensión de la Ciencia, derivada precisamente de la labor de los investigadores «nada enseña tanto como un experimento mal hecho cuando se logra saber porqué ha salido mal; conseja que declara como no en los grandes éxitos, sino mejor en los cotidianos fracasos, es menester aprender y tomar las enseñanzas de la mayor eficacia. Por eso es vano intentar que vengan los aciertos sin ensayos, y por el solo esfuerzo de la voluntad y del discurso, así sea éste el mejor y más científicamente encaminado, sin el estudio previo, de suyo largo y difícil, sin la cultura indispensable y sin el trabajo necesario, a prueba de fracasos.

¿Puede y debe España hacer el enorme sacrificio que su preparación bélica exije?:—Si de momento así se le exigiese sería imposible, de una parte su situación económica no se lo consentiría, pero de la obra, y es la más importante. aún suponiendo el fantástico sueño de que tuviéramos medio de adquirir en el exterior cuanto no tenemos, sería inútil, más aún, contraproducente. Ello nos daría la impresión de una potencialidad engañosa, puesto pue no estaba fundada en una Industria Nacional que pudiera entretenerla y conservarla, pero si dejándonos de egoismos personales, ponemos la vista en el porvenir, en la España de nuestros hijos o de nuestros nietos, y acometemos resueltos la gran obra de reconstitución nacional, fomentando al par que nuestra riqueza agraria, el desarrollo de nuestra industria, no cabe duda que lo que hoy parece imposible se convertiría en una realidad. aún cuando ninguno de nosotros llegásemos a verlo; País en que no palpite el sentimiento colectivo y no del presente sino a través de los tiempos es país muerto, será más o menos lenta su agonía, pero su final es la muerte para la obra de la civilización y del progreso.

HE DICHO.